

Luciana Ferreira da Silva¹, Juarez Benigno Paes¹, Waldir Cintra de Jesus Junior², José Tarcísio da Silva Oliveira¹, Edson Luiz Furtado³, Fábio Ramos Alves⁴

DETERIORAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp. POR FUNGOS XILÓFAGOS

Palavras chave:
Fungos apodrecedores
Ensaio biológicos
Análise química

RESUMO: Conduziu-se esta pesquisa, com o objetivo de avaliar a capacidade de deterioração de fungos isolados de madeiras de *Eucalyptus* spp. e realizar a análise química da madeira deteriorada, para verificar quais dos seus componentes sofreram maiores alterações em consequência do ataque. O experimento foi conduzido no Laboratório de Biodeterioração da Madeira, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Jerônimo Monteiro, ES. Doze fungos foram utilizados, destes, nove foram provenientes de culturas puras isoladas a partir de fragmentos de cepas de madeiras de eucalipto deterioradas, coletadas em três localidades distintas, e três culturas puras com reconhecida capacidade de deterioração que foram utilizadas como padrão de comparação. Dos fungos testados, os Basidiomiceto 1 e Basidiomiceto 2 exibiram boa capacidade de deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. O cerne de eucalipto teve maior resistência natural que o alburno, mas os fungos foram capazes de degradar ambas as madeiras. De modo geral, houve um incremento no teor de extrativos totais na madeira deteriorada (cerne e alburno), para os Basidiomiceto 1 e Basidiomiceto 2. Nas madeiras de cerne de *Eucalyptus grandis* houve decréscimo no teor de extrativos para ambos Basidiomicetos. Com relação à holocelulose (celulose + hemiceluloses), ocorreram pequenas diferenças entre as madeiras sadias e deterioradas (variações médias em torno de 1%). Dos fungos testados, o Basidiomiceto 2 causou maior degradação da lignina quando comparado ao Basidiomiceto 1.

Histórico:
Recebido 08/02/2012
Aceito 25/10/2013

DETERIORATION OF *Eucalyptus* spp. WOOD BY XYLOPHAGOUS FUNGI

Keywords:
Decay fungi
Biological assays
Chemical analysis

ABSTRACT: This research aimed to test the deteriorating ability of fungi isolated from *Eucalyptus* spp. wood and perform chemical analysis of wood deteriorated, to verify which components of wood suffered major changes in the light of the attack. The experiment was conducted in the Laboratório de Biodeterioração da Madeira, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo in the municipality of Jerônimo Monteiro, ES, Brazil. A total of 12 fungi were used, and nine of these came from pure cultures isolated from fragments of stumps of eucalypt woods deteriorated, collected in three distinct locations, and three with recognized capacity of deterioration that were used as the standard of comparison. The Basidiomycetous fungi 1 and 2 showed high capacity of deterioration of *Eucalyptus* spp. The heartwood of eucalypt showed a greater natural resistance than the sapwood, but the fungi were able to degrade both them. In general, there were, an increase in the content of extractives in wood damaged (heartwood and sapwood), for Basidiomycetous 1 and Basidiomycetous 2. The heartwood of *Eucalyptus grandis* there was a decrease in extractives content for both Basidiomycetes. To the holocelulose (cellulose and hemicelluloses), there were small differences between the healthy and damaged wood (mean variations around 1%). The Fungi, Basidiomycetous 2 caused a greater degradation of lignin as compared to the Basidiomycetous 1.

Correspondência:
jbp2@uol.com.br

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil

² Universidade Federal de São Carlos - Buri, São Paulo, Brasil

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Botucatu, São Paulo, Brasil

⁴ Universidade Federal do Espírito Santo - Alegre, Espírito Santo, Brasil

DOI:

10.1590/01047760201420031462

INTRODUÇÃO

Por causa da sua constituição química e estrutura anatômica, a madeira está sujeita a deterioração de vários organismos biodeterioradores, dentre estes se destacando os fungos que são os responsáveis pelos maiores danos causados à madeira (CAVALCANTE, 1982; HUNT; GARRATT, 1967; PAES, 2002; PAES et al., 2007).

A resistência da madeira à deterioração é a capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, incluindo agentes biológicos, físicos e químicos (PAES, 2002). Essa resistência é atribuída à presença de substâncias no lenho, que podem ser tóxicas a xilófagos (FERREIRA et al., 2004) ou atuar com barreira física como é o caso das substâncias inorgânicas (cinzas), em ralação ao ataque de térmitas (GONÇALVES et al., 2013; PAES et al., 2013). Em algumas espécies, apenas um composto químico é o responsável pela resistência, enquanto em outras, vários componentes atuam de modo sinérgico, para garantir à madeira sua durabilidade natural (OLIVEIRA et al., 1986).

Geralmente existe uma grande diferença de resistência entre o cerne e o alburno, sendo o cerne normalmente mais resistente. No entanto, há variação entre as espécies (PAES et al., 2007, 2013). Para Oliveira et al. (2005a), a quantidade e a qualidade dos extrativos são bastante variáveis entre espécie e dentro de uma dada espécie.

Segundo Paes et al. (2004), o conhecimento da resistência natural das madeiras é importante para a recomendação do uso mais adequado, poupando gastos desnecessários com substituição de peças e reduzindo os impactos ao meio ambiente.

Nenhuma madeira é capaz de resistir, indefinidamente, às intempéries, às variações das condições ambientais e à ação de organismos biológicos (PAES et al., 2007). Dessa forma, a deterioração da madeira pode ocorrer por ação de agentes físicos, químicos, mecânicos e biológicos, como fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias (SILVA et al., 2005).

Os fungos são exemplos de xilófagos mais comuns, podendo decompor totalmente a madeira ou apenas causar manchas, de modo que podem ser classificados como apodrecedores, emboloradores e manchadores (ROCHA, 2001).

Para Oliveira et al. (2005b) entre os fungos responsáveis pelo apodrecimento da madeira, destacam-se aqueles pertencentes à classe dos Basidiomicetos, na qual se encontram os fungos responsáveis pela podridão parda e podridão branca, que possuem características enzimáticas próprias, quanto à decomposição dos

constituintes primários da madeira. Os primeiros decompõem os polissacarídeos da parede celular, e a madeira atacada exibe uma coloração residual pardacenta. Os últimos atacam, indistintamente, tanto os polissacarídeos quanto a lignina. Nesse caso, a madeira atacada adquire um aspecto mais claro.

Nesta pesquisa, objetivou-se avaliar a capacidade de deterioração de fungos isolados de madeiras de *Eucalyptus* spp. e realizar a análise química da madeira deteriorada, para verificar quais dos seus componentes tiveram maiores alterações em função do ataque.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento, procedência da madeira e dos fungos empregados

O experimento foi realizado no Laboratório de Biodeterioração da Madeira (LBM), Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no município de Jerônimo Monteiro, ES. A determinação da resistência natural da madeira de *Eucalyptus* spp. a fungos xilófagos foi realizada por meio de um ensaio de apodrecimento acelerado, segundo as recomendações da American Society for Testing and Materials - ASTM (2005a).

Na condução do experimento foram utilizadas madeiras de *Eucalyptus* spp., com cinco a seis anos, provenientes das Fazendas São Sebastião (madeira 1), Guaçuí, ES, Bananal do Sul (madeira 3), Cachoeiro de Itapemirim, ES e Paraíso (madeira 2), Espera Feliz, MG, sendo as madeiras obtidas no Espírito Santo resultantes do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (madeiras 1 e 3) e em Minas Gerais, de *Eucalyptus grandis* (madeira 2) e fungos isolados de cepas de madeiras de eucaliptos deterioradas obtidas nas mesmas localidades, além de três fungos de reconhecida capacidade de deterioração, provenientes do LBM (*Postia placenta*, *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*), empregados como padrão de comparação.

Os corpos de prova foram obtidos do cerne e alburno de toras sadias provenientes da parte basal das árvores (1,50 m) e confeccionados nas dimensões de 1,9 x 1,9 x 1,9 cm. Foram utilizadas 576 amostras isentas de defeitos que receberam identificação conforme posição no tronco (cerne e alburno), fungo testado e repetição.

Para avaliar a capacidade de deterioração das madeiras, foram utilizados, além dos fungos citados, nove culturas obtidas por meio das amostras coletadas em cepas de eucalipto nas localidades citadas (gêneros

Trichoderma (quatro espécies), *Lasiodiplodia* e *Penicillium* (uma espécie) e três possíveis Basidiomicetos).

Para o ensaio, foram utilizados frascos com tampa rosqueável com capacidade de 600 mL, os quais foram preenchidos com 300 g de solo seco ao ar, com pH e capacidade de retenção de água de 7,14 e 37,45%, respectivamente. Após o preenchimento dos frascos, adicionaram-se 139 mL de água destilada e dois alimentadores de madeira de *Pinus* sp. (3 mm de espessura, 28 mm de largura e 33 mm de comprimento). Os frascos foram esterilizados a $121 \pm 2^\circ\text{C}$ (1,2 atm.) por 30 minutos e, ao atingirem a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), foram inoculados com os fungos a serem testados.

Os corpos de prova foram secos em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por um período de 72 horas pesados e esterilizados sob as mesmas condições anteriores. Depois de resfriados, foram introduzidos, nos frascos a razão de dois corpos de prova para cada recipiente. O experimento foi mantido em sala de incubação ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa) onde permaneceu por um período de 12 semanas.

Decorrido o período de ataque dos fungos, os corpos de prova foram retirados dos frascos e limpos com uma escova de cerdas macias e, novamente, secos em estufa e pesados, para obter suas massas após o período de exposição ao ataque dos fungos. De posse dos dados de massa inicial e final dos corpos de prova, a classe de degradação dos fungos isolados foi determinada (Tabela 1).

TABELA 1 Escala de degradação da madeira por fungos xilófagos.

TABLE 1 Degradation scale of wood by xylophagous fungi.

Perda de massa (%)	Massa residual (%)	Classes de degradação
0 - 10	90 - 100	Não degradante
11 - 24	76 - 89	Degradação moderada
25 - 44	56 - 75	Degradante
≥ 45	≤ 55	Altamente degradante

Fonte: Adaptada da ASTM (2005b).

Determinação do teor de extrativos das madeiras

Foram selecionadas amostras das madeiras sadias e deterioradas pelos dois fungos isolados no campo que exibiram maior capacidade de deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. As amostras foram transformadas em serragem e a composição química obtida ao empregar a fração que passou pela peneira de 40 e ficou retida na

de 60 “mesh”. A serragem classificada foi climatizada a temperatura $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa.

A determinação do teor de extrativos na madeira (solubilidade em álcool:tolueno, 2:1 v/v) foi efetuada, segundo a M 3/89 da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP (1974). O teor de lignina foi determinado seguindo a metodologia descrita por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina total foi o resultado da soma da lignina residual mais a lignina solúvel em ácido. O teor de holocelulose foi obtido por diferença [% holocelulose = $100 - (\text{teor de extrativo} + \text{teor de lignina} + \text{cinzas na madeira})$].

Ao término de cada extração, os balões previamente pesados foram postos em estufa à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até massa constante, pesados em uma balança de 0,001 g de precisão e por diferença de massa, determinado o teor de extrativos. As análises químicas para a determinação dos extrativos e demais componentes químicos da parede celular foram realizadas em duplicatas.

Análises estatísticas

Para possibilitar a análise estatística, os dados em porcentagem de perda de massa, foram transformados em $\arcsen[\text{raiz}(\text{perda de massa}/100)]$, conforme sugerido por Stell e Torrie (1980). Tal transformação foi necessária para permitir a homocedasticidade ou homogeneidade das variâncias.

Na análise e avaliação dos ensaios foi empregado o teste de F para avaliar a significância. Para a comparação múltipla das médias, utilizou-se o teste de Tukey à 5% de significância para os valores e interações que foram significativos pelo teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fungos xilófagos empregados e a perda de massa (%) das madeiras utilizadas estão apresentados na Tabela 2. Pequenos valores de perda de massa foram encontrados nas madeiras submetidas ao ataque dos fungos pertencentes aos gêneros *Trichoderma* (quatro espécies), *Lasiodiplodia* e *Penicillium* (uma espécie). Segundo a Tabela 1 esses fungos são classificados como não degradantes.

Os fungos *Trichoderma* e *Penicillium* pertencem à Classe Hyphomycetes e provocam manchas externas (bolor) na madeira. O fungo *Lasiodiplodia*, pertencente à Classe dos Coelomycetes, é capaz de causar manchas internas nas madeiras. Estes, normalmente

TABELA 2 Perda de massa (%) da madeira causada pelos fungos xilófagos testados.**TABLE 2** Loss of mass (%) of wood caused by the xylophagous tested fungi.

Fungos xilófagos	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> (Madeira 1)		<i>E. grandis</i> (Madeira 2)		<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> (Madeira 3)	
	Alburno	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno	Cerne
<i>Postia placenta</i>	46,62	33,68	45,93	34,21	33,01	20,60
<i>Trichoderma</i> sp.	0,80	0,01	0,69	0,23	0,52	1,07
<i>Trametes versicolor</i>	38,40	20,64	37,45	34,88	32,18	25,09
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	43,68	17,06	48,64	8,81	33,68	18,45
Basidiomiceto 1	34,69	5,13	25,51	1,86	25,09	9,44
<i>Trichoderma</i> sp.	0,82	0,28	0,58	0,11	0,98	0,81
Basidiomiceto 2	17,02	7,04	16,11	2,96	14,59	11,27
<i>Trichoderma</i> sp.	0,73	0,29	0,62	0,87	1,32	0,99
<i>Trichoderma</i> sp.	0,61	0,18	0,28	0,17	1,38	0,51
<i>Lasiodiplodia</i> sp.	4,28	0,21	0,64	1,91	1,13	0,41
Basidiomiceto 3	1,22	0,16	0,03	0,01	1,07	0,33
<i>Penicillium</i> sp.	0,76	0,35	0,50	0,66	0,88	0,91

são os primeiros a colonizarem o substrato, mas como observado na Tabela 2, possuem pequena capacidade de deterioração da madeira. Porém, o alburno atacado por esses fungos pode exibir áreas de coloração variável, geralmente azul a cinza escuro.

Os fungos manchadores, mesmo causando pequena perda de massa e, conseqüentemente, baixa resistência mecânica da madeira, as manchas comprometem o aspecto visual da madeira e depreciam a qualidade e o valor comercial do produto (OLIVEIRA et al., 1986).

Os fungos *Postia placenta*, *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* foram os que mais deterioraram as madeiras. Dos fungos obtidos das cepas deterioradas, dois deles foram capazes de provocar deterioração nas madeiras. Provavelmente, em consequência da perda de massa causada nas madeiras testadas, tratem-se de fungos pertencentes à Classe dos Basidiomicetos, porém sua identificação não pode ser realizada em nível de gênero, por causa da falta de esporos nas colônias isoladas.

Em estudo desenvolvido por Modes (2010), com madeira de *Eucalyptus grandis*, foi observado que a perda de massa foi de 57,74 e 41,46% para os fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, respectivamente, o que corrobora com os valores obtidos, que variaram de 48,64% (madeira de alburno) e 8,80% (madeira de cerne) para o fungo *Gloeophyllum trabeum* e de 37,45% (madeira de alburno) e 34,88% (madeira de cerne) para o fungo *Trametes versicolor*.

Para o fungo *Postia placenta*, em estudos realizados por Paes et al. (1998) com madeira de alburno

de *Eucalyptus grandis*, foram encontrados valores de 39,26; 42,53 e 41,18% de perda de massa. Nesta pesquisa os valores variaram de 45,93% (alburno) e 34,21% (cerne).

Os valores que deram origem à Tabela 2 foram analisados estatisticamente. A análise de variância dos fatores encontra-se na Tabela 3. Observa-se que houve diferença significativa entre posição, fungos e as interações posição x madeira, posição x fungo, e a interação de segunda ordem. As interações de primeira ordem foram desdobradas e analisadas pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabelas 4 e 5).

TABELA 3 Análise de variância da perda de massa (%) das madeiras submetidas aos fungos testados. Dados transformados em arcsen [raiz(perda de massa/100)].**TABLE 3** Analysis of variance of loss of mass of wood submitted to the tested fungi. Transformed data in arcsin [root (loss of mass/100)].

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma de quadrado	Quadrado médio	F
Posição	1	1,42	183,30	**
Madeira	2	0,04	0,02	ns
Fungo	11	28,21	2,56	**
Posição x Madeira	2	0,13	0,07	**
Posição x Fungo	11	1,97	0,18	**
Madeira x Fungo	22	0,73	0,03	**
Madeira x Posição x Fungo	22	0,43	0,02	**
Resíduo	504	3,89	0,01	-
Total	575	36,81	-	-

** significativo a 1% e ns não significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 4 Influência na deterioração causada pelos fungos nas madeiras testadas.***TABLE 4** Influence on deterioration caused by fungi in the tested woods.*

Fungo	Perda de massa (%) das madeiras		
	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> (Madeira 1)	<i>E. grandis</i> (Madeira 2)	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> (Madeira 3)
1 - <i>Postia placenta</i>	40,15 Aa	40,07 Aa	26,81 Bab
2 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,41 Ad	0,15 A d	0,793 Ad
3 - <i>Trametes versicolor</i>	29,52 Bb	36,16 Aa	28,63 Ba
4 - <i>Gloeophyllum trabeum</i>	30,37 Ab	28,74 Ab	26,06 Aa
5 - Basidiomiceto 1	19,91 Ac	17,27 Ac	13,68 Bbc
6 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,90 Ad	0,55 Ad	0,34 Ad
7 - Basidiomiceto 2	12,03 Ac	9,53 Bc	12,93 Ac
8 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,51 Ad	0,74 Ad	1,16 Ad
9 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,39 Ad	0,23 Ad	0,95 Ad
10 - <i>Lasiodiplodia</i> sp.	2,25 Ad	1,27 Ad	0,77 Ad
11 - Basidiomiceto 3	0,69 ABd	0,02 Bd	1,20 Ad
12 - <i>Penicillium</i> sp.	0,56 Ad	2,28 Ad	0,90 Ad

*As médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na horizontal ou minúscula, na vertical, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey; $p > 0,05$).

TABELA 5 Influência da posição e dos fungos na decomposição das madeiras testadas.***TABLE 5** Influence of fungal and position in the decomposition of the tested woods.*

Madeiras	Perda de massa (%) das madeiras	
	Alburno	Cerne
1 - <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	15,80 Aa	7,70 Ba
2 - <i>E. grandis</i>	14,70 Ab	7,51 Bb
3 - <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	12,15 Ab	7,57 Bb
Fungos	Perda de massa (%) das madeiras	
	Alburno	Cerne
1 - <i>Postia placenta</i>	41,85 Aa	29,43 Ba
2 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,46 Ad	0,44 Ad
3 - <i>Trametes versicolor</i>	36,01 Aa	26,87 Ba
4 - <i>Gloeophyllum trabeum</i>	42,00 Aa	14,78 Bb
5 - Basidiomiceto 1	28,43 Ab	5,48 Bc
6 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,79 Ad	0,40 Ad
7 - Basidiomiceto 2	15,91 Ac	7,09 Bc
8 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,89 Ad	0,72 Ad
9 - <i>Trichoderma</i> sp.	0,76 Ad	0,28 Ad
10 - <i>Lasiodiplodia</i> sp.	2,02 Ad	0,84 Ad
11 - Basidiomiceto 3	0,77 Ad	0,50 Ad
12 - <i>Penicillium</i> sp.	1,77 Ad	0,76 Ad

*As médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na horizontal ou minúscula, na vertical, para cada parâmetro não diferem entre si (Tukey; $p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 4, verifica-se que os fungos *Postia placenta* e Basidiomiceto 1 deterioraram com maior intensidade as madeiras de *Eucalyptus grandis*, e do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, madeira 1, proveniente da Fazenda São Sebastião, Guaçuí, ES. O fungo Basidiomiceto 1 atacou menos a madeira proveniente da Fazenda Bananal do Sul (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, madeira 3), Cachoeiro de Itapemirim, ES, provavelmente esse fungo é mais adaptado a microclimas comuns nas Fazendas São Sebastião e Paraíso, localizadas, respectivamente, em Guaçuí, ES e Espera Feliz, MG, locais de alta altitude. Possivelmente, madeiras de locais de baixas altitudes desenvolvem extrativos que conferem às mesmas uma maior resistência a tais fungos.

O fungo *Trametes versicolor* atacou com menor intensidade as madeiras dos híbridos (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, madeira 1) provenientes da Fazenda São Sebastião e Bananal do Sul e em maior intensidade a madeira da Fazenda Paraíso (*Eucalyptus grandis*). Enquanto o Basidiomiceto 3 atacou com menor intensidade a madeira proveniente da Fazenda Paraíso, madeira 2, e com maior magnitude a madeira coletada na Fazenda Bananal do Sul, madeira 3. A madeira da Fazenda São Sebastião teve resistência intermediária a esse fungo. Os demais fungos pouco deterioraram as madeiras testadas. A madeira de *Eucalyptus grandis* exibiu uma maior resistência ao fungo Basidiomiceto 2 quando comparada à madeira dos híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, madeiras 1 e 3.

Os fungos que exibiram maior capacidade de deterioração foram o *Postia placenta*, *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* para as madeiras testadas. Dentre os fungos isolados, aqueles que causaram degradação mais próxima a dos fungos citados foram os Basidiomicetos 1 e 2, isolados de cepas de eucaliptos provenientes das Fazendas São Sebastião, madeira 1 e Bananal do Sul, madeira 3, respectivamente. Como os fungos *Postia placenta*, *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* são de reconhecida capacidade de deterioração, sendo recomendados pela ASTM D-2017 (ASTM, 2005b) para avaliação da resistência natural de madeiras, os isolados (Basidiomicetos 1 e 2) possuem perspectiva para serem utilizados em estudos de campo para deterioração de cepas de *Eucalyptus* spp.

Os demais isolados exibiram pequena capacidade de deterioração. Provavelmente, isso ocorreu em função desses fungos serem os primeiros a colonizarem a madeira e se alimentarem basicamente de substâncias de reserva (amidos e açúcares) existentes no tecido parenquimático, não exibindo capacidade

de deteriorar os componentes principais da madeira (celulose, hemiceluloses e lignina), por não produzirem enzimas com capacidade de atuação extracelular, para provocarem a quebra dos componentes principais da madeira (RAYNER; BODDY, 1995; SCHMIDT, 2006).

Na Tabela 5, constam as influências da posição (alburno e cerne) e dos fungos para as madeiras estudadas. Observa-se que, para todas as madeiras, os fungos apresentaram maior capacidade de deterioração do alburno. Isso é o que normalmente ocorre, uma vez que os fungos consomem inicialmente a madeira de alburno das cepas e, posteriormente, após a perda de alguns extrativos do cerne ocasionada por evaporação, lixiviação e reações ocasionadas pelo ambiente, os fungos iniciam seu ataque ao cerne.

A madeira proveniente da Fazenda São Sebastião (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, madeira 1), independente da posição (alburno e cerne) foi a mais consumida pelos fungos testados. Os fungos *Postia placenta*, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum*, Basidiomiceto 1 e Basidiomiceto 2 atacaram mais intensamente a madeira de alburno dos eucaliptos testados. Os demais fungos empregados em função das suas baixas capacidades de deterioração pouco consumiram as madeiras de cerne e alburno.

A exemplo do observado na Tabela 4, os fungos *Postia placenta*, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum*, Basidiomiceto 1 e Basidiomiceto 2 foram aqueles que tiveram maior capacidade de deterioração do alburno

(Tabela 5). Para a madeira de cerne, os fungos *Postia placenta* e *Trametes versicolor* exibiram maior capacidade de deterioração, seguido do fungo *Gloeophyllum trabeum*. Dentre os fungos isolados das cepas, como já observado anteriormente (Tabela 4), os fungos Basidiomiceto 2 e Basidiomiceto 1 exibiram maior capacidade de deterioração da madeira de cerne. A deterioração causada pelo fungo Basidiomiceto 2, correspondeu a aproximadamente 50% da capacidade de deterioração do fungo *Gloeophyllum trabeum* e aproximadamente 25% da capacidade dos fungos *Postia placenta* e *Trametes versicolor*, sendo de interesse em trabalhos futuros.

Com o intuito de conhecer qual dos constituintes da madeira foi mais deteriorado pelos fungos isolados, que possuíam maior capacidade de deterioração, realizou-se a caracterização química das madeiras utilizadas no ensaio (Tabela 6).

Para os híbridos testados, de modo geral, houve incremento no teor de extrativos totais na madeira deteriorada (cerne e alburno), para ambos Basidiomicetos testados. Isso ocorreu, provavelmente, porque os fungos causaram quebra nos constituintes da parede celular (celulose, hemiceluloses e lignina), tornando-os mais solúveis aos reagentes empregados (álcool:tolueno). Para as madeiras de cerne de *Eucalyptus grandis* houve decréscimo no teor de extrativos para ambos Basidiomicetos. Provavelmente, houve transformações químicas ou o consumo de parte dos extrativos desta madeira pelos fungos.

TABELA 6 Caracterização química das madeiras sadias e deterioradas pelos Basidiomicetos isolados.

TABLE 6 Chemical characterization of sound woods and damaged woods by isolated Basidiomycota.

		Madeira sadia					
Madeira	Posição na madeira	Extrativos (%)		Holocelulose (%)		Lignina total (%)	
1 - <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Alburno	0,95		68,85		30,20	
	Cerne	2,05		66,61		31,34	
2 - <i>E. grandis</i>	Alburno	1,29		70,09		28,62	
	Cerne	4,13		65,46		30,42	
3 - <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Alburno	1,76		67,10		31,14	
	Cerne	1,58		67,28		31,14	
		Madeira deteriorada					
Madeira	Posição na madeira	Extrativos (%)		Holocelulose (%)		Lignina total (%)	
				Basidiomicetos			
1 - <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Alburno	3,09	3,19	68,96	70,65	27,95	26,17
	Cerne	1,69	2,53	67,64	66,64	30,67	30,83
2 - <i>E. grandis</i>	Alburno	2,89	4,11	69,05	71,10	28,07	24,79
	Cerne	2,42	2,68	66,59	66,69	30,99	30,63
3 - <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Alburno	2,53	3,65	66,57	67,75	30,90	28,60
	Cerne	2,37	3,23	66,44	66,72	31,19	30,06

Para holocelulose (celulose + hemiceluloses), ocorreram pequenas diferenças entre as madeiras sadias e deterioradas (variações médias em torno de 1%). Isto indica que os Basidiomicetos isolados, podem ser classificados como fungos causadores da podridão branca na madeira, por causarem pouco ataque a holocelulose. Com relação à lignina, o Basidiomiceto 2 causou maior degradação quando comparado ao Basidiomiceto 1. A degradação foi maior no alborno que no cerne. Provavelmente, esse fungo seria capaz de atacar madeiras de cerne, uma vez que a mesma iria perder extrativos voláteis pela exposição às intempéries, tornando a madeira menos resistente a fungos deterioradores.

CONCLUSÕES

Dentre os fungos isolados, os possíveis Basidiomicetos foram capazes de causar maior deterioração em amostras de madeiras provenientes de cerne e alborno dos eucaliptos testados. Dos Basidiomicetos isolados das cepas, o Basidiomiceto 1 e 2 foram os que mais deterioraram a madeira de cerne, sendo por tanto de interesse em trabalhos futuros. Os possíveis Basidiomicetos isolados, de modo geral, causaram incremento no teor de extrativos na madeira deteriorada. Os demais fungos isolados das cepas de *Eucalyptus* spp. exibiram pequena capacidade de deterioração da madeira quando comparados aos fungos Basidiomicetos 1 e Basidiomiceto 2. Para os polissacarídeos da madeira (holocelulose + hemicelulose), os fungos isolados (Basidiomiceto 1 e Basidiomiceto 2) provocaram pequeno consumo dos polissacarídeos entre as madeiras sadias e deterioradas (variações médias em torno de 1%). Para a lignina, o Basidiomiceto 2 causou degradação maior que a causada pelo Basidiomiceto 1.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 1413**: standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Philadelphia, 2005a. 7 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D - 2017**: standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Philadelphia, 2005b. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas técnicas ABCP**. São Paulo, 1974. 18 p.
- CAVALCANTE, M. S. **Deterioração biológica e preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1982. 40 p. (Pesquisa e Desenvolvimento, 8).
- FERREIRA, G. C.; GOMES, J. I.; HOPKINS, M. J. G. Estudo anatômico das espécies de Leguminosae comercializadas no Estado do Pará como "angelim". **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 3, p. 387-398, 2004.
- GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.
- GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; CARVALHO, A. G.; OLIVEIRA, G. L. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 110-116, 2013.
- HUNT, M. G.; GARRAT, G. A. **Wood preservation**. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1967. 433 p.
- MODES, K. S. **Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológica das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis***. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E. S.; CARBALLEIRA LOPEZ, A. G.; OLIVEIRA, L. C. S.; CAÑEDO, M. D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1, p. 99-278.
- OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; DELLA LUCIA, R. M.; SOUZA JÚNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, set./out. 2005a.
- OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 993-998, nov./dez. 2005b.
- PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K. D. Hill e L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002.
- PAES, J. B.; MEDEIROS NETO, P. N.; LIMA, C. R.; FREITAS, M. F.; DINIZ, C. E. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 399-405, 2013.
- PAES, J. B.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; DELLA LUCIA, T. M. C. Eficiência da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal contra fungos xilófagos em testes de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 263-269, 1998.
- PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 275-282, 2004.
- PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007.

- RAYNER, A. D. M.; BODDY, L. **Fungal decomposition of wood: its biology and ecology.** Chichester: J. Wiley, 1995. 587 p.
- ROCHA, M. P. **Biodegradação e preservação da madeira.** 5. ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2001. 94 p. (Série Didática, 01/01).
- SCHMIDT, O. **Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use.** Berlin: Springer, 2006. 334 p.
- SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex, Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 795-799, 2005.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistic: a biometrical approach.** 2nd ed. New York: McGraw Hill, 1980. 633 p.